

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-50109

(P2000-50109A)

(43)公開日 平成12年2月18日(2000.2.18)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 4 N 5/21		H 0 4 N 5/21	Z
G 0 6 T 5/00		G 0 9 G 3/20	6 4 1 G
G 0 9 G 3/20	6 4 1	G 0 6 F 15/68	3 5 0
		G 0 9 G 5/36	5 2 0 C
H 0 4 N 1/409		H 0 4 N 1/40	1 0 1 C

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平11-151841

(22)出願日 平成11年5月31日(1999.5.31)

(31)優先権主張番号 09/87403

(32)優先日 平成10年5月29日(1998.5.29)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 591236448

エスティーマイクロエレクトロニクス、インコーポレイテッド

SGS-THOMSON MICROELECTRONICS, INCORPORATED

アメリカ合衆国、テキサス 75006、
カーロルトン、エレクトロニクス
ドライブ 1310

(74)代理人 100057793

弁理士 小橋 一男 (外1名)

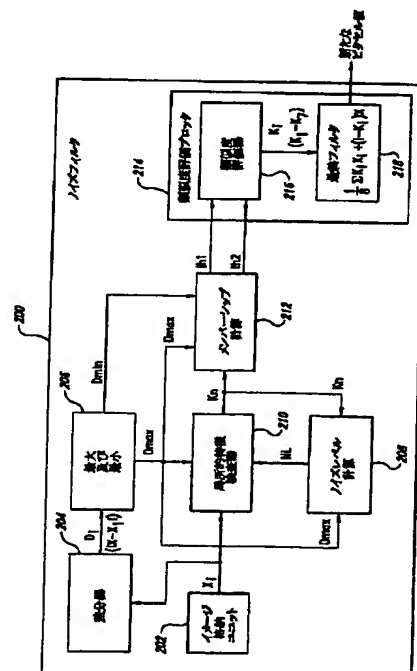
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ノイズを除去するための非線形イメージフィルタ

(57)【要約】

【課題】 反復的ノイズレベル推定を使用したノイズを減少させる非線形イメージフィルタ及び方法を提供する。

【解決手段】 本発明によれば処理ウィンドウ内のターゲットピクセルをターゲットピクセルと隣りのピクセルとの間の類似度に従って複数の隣りのピクセルの加重平均で置換させる。類似度はイメージ及び処理ウィンドウの局所的輝度に影響を与えるノイズレベルに基づいている。本発明フィルタはファジィ論理に基づいており且つイメージの細部を平滑させることなしにノイズを除去する。本フィルタは輝度を調節するために人間視覚系(HVS)応答を使用している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 イメージノイズ減少フィルタにおいて、処理ウインドウ内のターゲットピクセルXと複数個の隣りのピクセルの複数個のメトリックの間の差の絶対値を計算し且つ前記処理ウインドウ内のターゲットピクセルXと複数個の隣りのピクセルのメトリックの間の差の絶対値の中から選択した計算した最小差及び計算した最大差を決定する差分ブロック、

前記差分ブロックへ結合されており、ターゲットピクセルXと複数個の隣りのピクセルとの間の類似度の絶対値の重み付け平均に基づいてターゲットピクセルに対する置換値を発生する新規ピクセル値発生器、を有することを特徴とするイメージノイズ減少フィルタ。

【請求項2】 請求項1において、更に、前記差分ブロックへ結合されており、ターゲットピクセルXに対する重み付けした輝度値を表わす第一メトリックと、前記複数個の隣りのピクセルの中から選択した1個の隣りのピクセル(X-1)の推定したノイズレベルを表わす第二メトリックとを計算するメトリック計算ブロックを有していることを特徴とするイメージノイズ減少フィルタ。

【請求項3】 請求項1において、更に、前記差分ブロックへ結合されており、ファジィ集合の境界を表わす第一スレッショールド値と第二スレッショールド値とを発生するファジィ論理プロセッサを有しており、前記ファジィ集合境界はターゲットピクセルXと複数個の隣りのピクセルとの間の差の絶対値の中の最大値及び最小値を表わす値に基づくものであることを特徴とするイメージノイズ減少フィルタ。

【請求項4】 請求項1において、更に、前記差分ブロックへ結合されており、ターゲットピクセルと前記複数個の隣りのピクセルのうちのいずれか1つとの間の類似度の大きさを表わすフィルタ係数を発生するフィルタ係数ブロックを有していることを特徴とするイメージノイズ減少フィルタ。

【請求項5】 スキャンしたイメージにおけるノイズを除去する方法において、スキャンしたイメージの一部に対してターゲットピクセルと複数個の隣りのピクセルとを有する処理ウインドウを与え、ターゲットピクセルと隣りのピクセルとの間の類似度の重み付けした平均でターゲットピクセルを置換し、前記類似度がスキャンしたイメージに影響を与えるノイズレベル及び処理ウインドウの局所的輝度に依存することを特徴とする方法。

【請求項6】 請求項5において、更に、ターゲットピクセルと複数個の隣りのピクセルとの間の差の絶対値を計算するステップを有することを特徴とする方法。

【請求項7】 請求項5において、更に、ターゲットピクセルと複数個の隣りのピクセルとの間の差の絶対値の最大値及び最小値を決定するステップを有していること

を特徴とする方法。

【請求項8】 請求項5において、更に、ターゲットピクセルに関連するグレイレベルと、ターゲットピクセルと複数個の隣りのピクセルとの間の差の絶対値の最大値とスキャンしたイメージに影響を与えるノイズレベルとに基づいてフィルタ強度を計算するステップを有していることを特徴とする方法。

【請求項9】 請求項5において、更に、ターゲットピクセルと前記複数個の隣りのピクセルの中から選択した1個の隣りのピクセルとの間の最小の認知可能なグレイレベル差の評価を加算するステップを有していることを特徴とする方法。

【請求項10】 請求項5において、更に、前記複数個の隣りのピクセルの中から選択した第二の隣りのピクセルと関連するノイズレベルの推定と前記複数個の隣りのピクセルの中から選択した第一の隣りのピクセルとターゲットピクセルとの間の最小の認知可能なグレイレベル差の推定とを加算するステップを有していることを特徴とする方法。

【請求項11】 請求項5において、更に、次式、
$$NL(t-1) = K_n(t-1) \times D_{\max}(t-1) + [1 - K_n(t-1)] \times NL(t-2)$$
を使用して前記複数個の隣りのピクセルの中から選択した1個の隣りのピクセルと関連するノイズレベルを推定するステップを有していることを特徴とする方法。

【請求項12】 請求項5において、更に、次式、
$$th1(t) = K_n(t) \times D_{\max}(t) + [1 - K_n(t)] \times D_{\min}(t)$$
を使用して計算した第一スレッショールド値及び次式、
$$th2(t) = K_n(t) \times D_{\max}(t) + [1 - K_n(t)] \times [D_{\max}(t) + D_{\min}(t)] / 2$$
を使用して計算した第二スレッショールド値に従ってファジィ論理処理におけるメンバーシップ関数の形状を決定するステップを有していることを特徴とする方法。

【請求項13】 請求項5において、更に、ターゲットピクセルと隣りのピクセルのうちのいずれか1つとの間の類似度の大きさを表わす複数個のフィルタ係数を発生するステップを有していることを特徴とする方法。

【請求項14】 イメージフィルタにおいて、ターゲットピクセルXへ適用すべきフィルタ処理の強度と関連している複数個のメトリックを発生するメトリック発生器が設けられており、前記複数個のメトリックの中から選択した第一のメトリックが隣りのピクセルX-1の第一ノイズレベルと関連しており、前記複数個のメトリックの中から選択した第二のメトリックが隣りのピクセルX-2の第二ノイズレベルと関連している、ことを特徴とするイメージフィルタ。

【請求項15】 請求項14において、更に、第一メトリック及び第二メトリックと関連しているファジィ集合

10

20

30

40

50

の境界を画定するファジィプロセッサを有していることを特徴とするイメージフィルタ。

【請求項16】 請求項14において、更に、ターゲットピクセルXと隣りのピクセルX-1との間の類似度に関連する複数個のメトリックの中から選択した第三メトリック、ターゲットピクセルXと隣りのピクセルX-2との間の類似度に関連している複数個のメトリックの中から選択した第四メトリック、を有していることを特徴とするイメージフィルタ。

【請求項17】 請求項14において、更に、ターゲットピクセルXの輝度と関連している複数個のメトリックの中から選択した第三メトリック、隣りのピクセルX-1の輝度と関連している複数個のメトリックの中から選択した第四メトリック、隣りのピクセルX-2の輝度と関連する複数個のメトリックの中から選択した第五メトリック、を有していることを特徴とするイメージフィルタ。

【請求項18】 請求項14において、更に、ターゲットピクセルXと隣りのピクセルX-1又は隣りのピクセルX-2のうちの1つとの間の最小の認知可能なグレイレベル差を推定する手段を有していることを特徴とするイメージフィルタ。

【請求項19】 請求項14において、ターゲットピクセルXに対して適用すべきフィルタ処理の強度がターゲットピクセルXと、隣りのピクセルX-1と、隣りのピクセルX-2とに関連する複数個のメトリックの重み付けした平均と関連していることを特徴とするイメージフィルタ。

【請求項20】 イメージフィルタにおいて、ターゲットピクセルの複数個の局所的特徴及び前記ターゲットピクセルの隣りの複数個のピクセルの複数個のグローバル特徴と関連するファジィ論理集合を画定するファジィ論理プロセッサが設けられており、前記複数個の局所的特徴は前記ターゲットピクセルの輝度を包含しており且つ前記複数個のグローバル特徴は前記ターゲットピクセルの隣りの前記複数個のピクセルのノイズレベルを包含しており、前記複数個の局所的特徴及び前記複数個のグローバル特徴は前記ターゲットピクセルへ適用すべきフィルタ処理の強度を決定する、ことを特徴とするイメージフィルタ。

【請求項21】 請求項20において、前記ターゲットピクセル及び前記複数個の前記ターゲットピクセルの隣りのピクセルは静止画像と関連していることを特徴とするイメージフィルタ。

【請求項22】 請求項20において、前記ターゲットピクセル及び前記複数個の前記ターゲットピクセルの隣りのピクセルはビデオシーケンスと関連していることを特徴とするイメージフィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、大略、デジタル信号処理に関するものであって、更に詳細には、イメージ即ち画像のデジタル信号処理に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 ノイズはいずれの通信システムにおいても本来的に存在する特徴であり、且つノイズを減少させるための努力が継続的に探究されている。例えば、予め設定した周波数レンジを有するローパスフィルタは高周波数ノイズを減少させることは公知である。更に、多くの通信システムにおいて、ノイズを減少させることはイメージ即ち画像の表示品質を改善させるので信号（即ちイメージ）を表示する前にノイズを減少させることが有益である。

【0003】 最近のイメージプロセッサは、又、イメージの表示を向上させるためにその他の技術を使用している。例えば、イメージプロセッサはイメージを処理するために必要とされるメモリの量を最小とさせるために圧縮（即ちエンコーディング）技術を使用する。静止イメージ（即ち画像）、カラーファクシミリ（ファックス）装置、医学的撮像システム、ビデオレコーダ（VCR）、娯楽システム、テレビ（TV）、ハイデフィニションTV（HDTV）、ワールドワイドウェブブラウザ、に対して且つパソコン（PC）ディスプレイに対して圧縮スタンダードが存在している。

【0004】 イメージプロセッサのコーディング効率は、エンコーディングをする前にシステムノイズが減少される場合に改善することが可能である。適応性フィルタは、この目的のためにイメージ即ち画像に対して適用されている。例えば、適応性フィルタは、通信システムをモニタし且つ通信システム情報をフィードバックしてそれらのフィルタ処理特性を自動的に且つ動的に調節することによってノイズを減少させる。一般的に、適応性フィルタは、例えばメジアンを基礎としたフィルタ又はあるシステム又はイメージパラメータの推定に基づく可変作用を有するフィルタ等の非線形アプローチを使用して得ることが可能である。例えば、幾つかの適用性フィルタは、あるパラメータの時間的相関を推定することによって得られる。

【0005】 然しながら、これらの適応性フィルタは制限を有している。例えば、ビデオ信号がノイズによって著しく影響されている場合には、これらの適用性フィルタは不所望のノイズをイメージの運動と混乱する。この制限は、イメージの細部を減衰させるか又は平滑化させ、そのことも望ましいことではない。提案されている解決方法は、可変強度フィルタ、即ち湾曲した選択性を有するフィルタがある。然しながら、任意の曲線の選択は適応性フィルタの時間的周波数に影響を与え、その結果いわゆる「コメット（comet）効果」を発生し、

5

それは細部平滑化よりも更に困ったものである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、以上の点に鑑みなされたものであって、上述した如き従来技術の欠点を解消し、イメージの細部をばかしたり時間的周波数に影響を与えたりすることなしにノイズを減少させるイメージ向上技術を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、反復的ノイズレベル推定を使用してノイズを減少させるシステム及び方法が提供される。本発明の1実施例によれば、ターゲットピクセルと幾つかの隣りのピクセルとを有する処理ウインドウを使用するノイズフィルタが提供される。本ノイズフィルタは、ターゲットピクセルと複数個の隣りのピクセルとの間の類似度の絶対値の加重平均に基づいて処理ウインドウ内のターゲットピクセルに対する置換値を発生するイメージプロセッサを有している。本ノイズフィルタは、ノイズレベルを反復的に処理してスキャンしたイメージの局所の特徴に対して適合させ、且つ隣りのピクセルの変化するノイズレベルに対して適合させる。即ち、本ノイズフィルタは反復的ノイズレベル推定値を発生し、それによって局所の特徴データがキャリブレーション即ち較正のためにフィルタヘフィードバックされる。本ノイズフィルタはイメージを平滑化させることなしにノイズをフィルタ即ち取り除くためにファジィ論理処理を使用している。

【0008】

【発明の実施の形態】以下の説明においては、非線形イメージフィルタ処理、特に、反復的ノイズレベル推定を使用してノイズを減少させる非線形イメージフィルタ処理システム及び方法について説明する。以下の説明においては、例えば特定の数学的、統計的、及び信号処理記号及び関係、イメージ、ビデオ信号、ビデオシーケンス等を解析し且つ処理する特定の方法及びその他の詳細について本発明の完全な理解を与えるために説明する。然しながら、当業者が容易に理解するように、本発明は、これらの特定の詳細のうちの1つ又はそれ以上なしで、又はその他の方法及びその他の場合に於いては、本発明がほやけることを回避するために公知の構造又は動作についての詳細は割愛してある。

【0009】図1は幾つかのピクセルX1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, Xを有する処理ウインドウ102を示している。ピクセルXはターゲットピクセルXと呼ばれる処理すべきピクセルである。残りのピクセルX1, X2, X3, X4, X5, X6, X7は隣りのピクセルである。ピクセルX4, X5, X6, X7は現在のスキャンライン104aに属するターゲットピクセルXの隣りのピクセルである。ピクセルX1, X2, X3はターゲットピクセルXを包含する現在のスキャン

6

ライン104aに先行するスキャンラインである前のスキャンライン104bに属するピクセルである。1実施例によれば、これら隣りのピクセルのうちの1つは隣りのピクセルX-1として指定され、それはターゲットピクセルXのすぐ後に続くものである。隣りのピクセルのうちの第二のものは隣りのピクセルX-2として指定され、それは隣りのピクセルX-1のすぐ後に続くものである。図2は本発明の1実施例を実現するのに適したノイズフィルタ200のハイレベルなブロック図である。この実施例によれば、ノイズフィルタ200はイメージ格納ユニット202と、差分器204と、最小及び最大ブロック206と、ノイズレベル計算ブロック208と、局所的特徴検査器210と、メンバーシップ計算ブロックと、類似度評価器ブロック214とを有している。類似度評価器ブロック214は類似度評価216と最終フィルタ218とを有している。フィルタ200は反復的ノイズレベル推定と共にファジィ論理処理を使用し、以下に説明するように、ターゲットピクセル値を新たなピクセル値で置換させる。

【0010】典型的に、イメージはイメージ格納ユニット202内への複数個のピクセルからなるストリームとして行毎に（即ちライン毎に）逐次的にスキャンされる。格納されたイメージは幾つかのイメージブロックへ分割され、それらは、次いで、幾つかのピクセルへ区画化される。イメージ格納ユニット202は、又、以下に詳細に説明するように、処理ウインドウ102を発生する。

【0011】差分器204は、ターゲットピクセルXの値と隣りのピクセルX_iの値との間の差を表わす差D_iの絶対値を計算する。なお、iは1乃至7であり、X_iは隣りのピクセルX1乃至X7を表わし、従ってD_iは差D1乃至D7のうちのいずれか1つを表わす。1実施例においては、差分器204はターゲットピクセルXのルミナンス（輝度）と隣りのピクセルX1乃至X7のルミナンス（輝度）の間の差D_iの絶対値を計算して差分値D1乃至D7を発生する。本明細書において使用されるように、「ルミナンス（輝度）」はピクセルが多かれ少なかれ光を発生した場合に視覚的に知覚される属性として定義される。「ルミナンス（輝度）」は「ブライツネス（輝度）」とも呼称される。勿論、当業者によって理解されるように、本発明はこの実施例にも制限されるべきものではない。例えば、差分器204は、ターゲットピクセルXのグレースケール値と隣りのピクセルX1乃至X7のグレースケール値との間の差D_iの絶対値を計算することも可能である。本明細書において使用されているように、「グレースケール値」とは、通常、「グレースケール」に関する値として定義され、それは黒から白の範囲にわたるシェーディング即ち陰影の程度であって、それらの間の中間のシェーディングがグレイ即ち灰色である。グレースケール値は、「グレイレベル」とも

呼称される。

【0012】最大及び最小ブロック206は差分値D1乃至D7を受取り且つ計算された差D_iの絶対値の中から選択した最大差D_{max}及び最小差D_{min}を見つけ出す。

1実施例においては、最大及び最小ブロック206はターゲットピクセルX輝度と隣りのピクセルX1乃至X7の輝度との間の最大差D_{max}及び最小差D_{min}を見つけ出す。

$$NL(t-1) = K_n(t-1) \times D_{max}(t-1) + [1 - K_n(t-1)] \times NL(t-2)$$

局所の特徴検査ブロック210はフィルタ200によって実行されるべきフィルタ処理の強度を決定するK_nパラメータを計算する。局所の特徴は、イメージと関連するメトリック(metric)即ち距離等のある量を有している。1実施例においては、K_nはターゲットピクセルXの「輝度」と関連する関数を表わし、尚0 ≤ K_n ≤ 1である。1実施例と共に使用するのに適した特徴検査ブロックの1例は「ブロッキングアーチファクト等のノイズを除去するための非線形適応性イメージフィルタ(Non-Linear Adaptive Image Filter For Filtering Noise Such As Blocking Artifacts)」という名称の米国特許出願(代理人ドケット番号850063、533)に記載されており、尚その特許出願は引用によって本明細書に取込む。

【0015】フィルタ200は「ファジィ論理」処理に基づくものであることを注意すべきである。本明細書において使用されているように、「ファジィ論理」は、通常、0(メンバーではない)から1(絶対的にメンバーである)連続的に変化するファジィ集合内のメンバーシップの程度に従ってデータを分類する方法を提供する。ファジィ論理はファジィ集合の境界を完全に画定するために「メンバーシップ関数」と呼ばれる関数を記述することを必要とする。ファジィ集合は「類似度」、「ブライトネス(輝度)」又は「ルミナンス(輝度)」等の主

$$th1(t) = K_n(t) \times D_{max}(t) + [1 - K_n(t)] \times D_{min}(t)$$

メンバーシップ計算ブロック212は次式に従って第二スレッシュホールドパラメータth2を計算する。

$$th2(t) = K_n(t) \times D_{max}(t) + [1 - K_n(t)] \times [D_{max}(t) + D_{min}(t)] / 2$$

注意すべきことであるが、スレッシュホールドパラメータth1は、常にスレッシュホールドパラメータth2よりも大きい又は等しい。

【0020】類似度評価ブロック214は、類似度評価器216及び最終フィルタ218を使用して新たなピクセル値を与える。類似度評価器216はターゲットピクセルXと隣りのピクセルX1-X7の中から選択した隣りのピクセルX_nのうちのいずれか1つとの間の類似度の大きさを表わすフィルタ係数K_iを発生し、尚K_iは類似度K1-K7のうちのいずれか1つを表わす。1実施

*す。

【0013】レベル計算ブロック208は処理ウィンドウ102と関連するノイズレベルNLを推定する。1実施例においては、ノイズレベル計算ブロック206は、次式を使用して隣りのピクセルX-1のノイズレベルを推定する。

【0014】

(1)

10 ※観的に響く言語用語に対して正確な数学的意味付けを割り当てる方法となる。1実施例においては、メンバーシップ計算ブロック212はメンバーシップ関数を発生し、その場合にファジィ集合は2つのスレッシュホールド値th1とth2とによって境界が画定される。メンバーシップ計算ブロック212は「ピクセルXとX_iとは類似している」という文章に対応するメンバーシップ関数を発生する。X_iは隣りのピクセルのうちのいずれか1つの値を表わす。1実施例においては、X_iは隣りのピクセルのグレイレベルに関する値を表わす。

20 【0016】処理ウィンドウ102はイメージの比較的均一な区域と一致する場合には差D_iの全てはそれらの絶対値に関しては近似しておりその場合にノイズと相關される。従って、D_{max}と実質的に一致するスレッシュホールドパラメータDH1及びDH2を発生することの可能なメンバーシップ関数を選択することが可能である。一方、ターゲットピクセルXがイメージの端部即ち境界領域に属する場合には、差D_iが小さい場合、即ち以下の式によって定義されるD_iの絶対値の差の範囲内にある場合にのみフィルタ動作は有意性のものとなる。

30 【0017】

$$[D_{min}, (D_{min} + D_{max}) / 2]$$

(2)

メンバーシップ計算ブロック212は次式に従って第一スレッシュホールドパラメータth1を計算する。

【0018】

★【0019】

例においては、K_iは「ピクセルX及びX_iは類似している」という文章に対応するメンバーシップ関数に従ってメンバーシップ計算ブロック214によって発生される値を表わす。即ちK_iはターゲットピクセルXを発生するために使用される処理ウィンドウ102の一部である隣りのピクセルX1-X7とターゲットピクセルXの加重平均即ち重み付けした平均を表わす。

【0021】最終フィルタ218はノイズフィルタ200の出力out(t)を発生し、その出力は処理ウィンドウ102内のターゲットピクセルXを置換するために

使用される。出力 $out(t)$ は次式を使用して決定される。

$$out(t) = 1/8 \sum K_i(t) \times X_i + [1 - K_i(t)] \times X \quad (5)$$

1実施例においては、最終的フィルタブロック218はターゲットピクセルXと隣りのピクセル X_i のうちのいずれか1つとの間の類似度 K_i を別々に処理し、且つ最終的加算段階を介し、加重貢献分の和として出力 $out(t)$ を発生する。

【0023】イメージ格納ユニット202も処理ウインドウ102を発生することを注意すべきである。図3は処理ウインドウ102を画定するのに適した回路のブロック図を示している。図3によれば、現在のスキャンライン104aがラインメモリユニット302及びピクセル遅延器304aに対して付与される。前のスキャンライン104bはラインメモリ302から出力され且つピクセル遅延器304bへ付与される。1実施例においては、ピクセル遅延器304a及び304bの出力は、更に、幾つかのピクセル遅延器304c乃至304bを使用して更に遅延される。この実施例においては、ピクセル遅延器304a乃至304gの出力は、イメージ格納ユニット202からノイズフィルタ200の残りの構成要素に対して、夫々、ピクセル値 $X_5, X_1, X_2, X_3, X, X_7$ として直接的に結合される。その結果、2つのラインのピクセル104a及び104bがイメージ格納ユニット202へ入力されるものであるが、イメージ格納ユニット202は全てのピクセルを並列的に同時に出力する。

【0024】勿論、当業者によって理解されるように、適宜の処理ウインドウは、その他の公知の直列・並列変換技術を使用して構成することも可能である。同様に、本発明は、特定の数のスキャンライン、処理ウインドウ寸法、ピクセル遅延等に制限されるべきものではない。少なくとも2つの連続するスキャンライン又は行に属するピクセルに関する情報を使用するその他の技術を本発明の範囲及び精神から逸脱することなしに使用することが可能である。

【0025】図4は局所的特徴検査器210の動作を更に詳細に示している。図4によれば、局所的特徴検査器210は人間視覚系(HVS)評価器402を有しており、それは処理ウインドウ102のメトリック即ち距離を評価する。通常、人間視覚系は人間の眼がイメージを知覚する態様に従って圧縮したイメージを最適化するアルゴリズムを使用する。人間視覚系はM. M. Reid、R. J. Millar、N. D. Black共著「第二世代イメージコーディング：概観(Second-Generation Image Coding: An Overview)」、ACM・コンピューティング・サーベイズ(ACM COMPUTING SURVEYS)、Vol. 29、No. 1(1997年3

*【0022】

月)、3-29頁において記載されており、尚その文献は引用によって本明細書に取込む。

【0026】1実施例においては、HVS評価器402は人間の眼の感度とノイズレベルの統合量の推定値を評価する。特に、HVS評価器402は「ブライトネス(輝度)」を決定するためにターゲットピクセルXと隣りのピクセルとの間の最小の知覚し得るグレイレベルに対する人間の眼の感度の推定値を評価する。図5は処理ウインドウ102のメトリック即ち距離を評価するためにHVS評価器402によって実現される人間視覚系(HVS)評価器関数500のグラフ表示である。図4及び5を参照すると、HVS評価器402はターゲットピクセルXを受取り且つそれをHVS評価器関数500に従って処理する。1実施例においては、フィルタ200が0と255との間の水平方向の範囲の値を処理する。HVS評価器関数500上の点Bは異なるローブ間のブレイクポイント即ち折れ点を表わし、それは固定された値である。1実施例においては、 $B = 128$ であり、且つ「0」に対応する最大値は $255/4 = 64$ である。

【0027】加算器404がHVS評価器402の出力を隣りのピクセル $X-1$ ノイズレベル $NL(t-1)$ の推定値と加算し且つスレッシュホールド値 $th3$ を発生する。 K_n 計算ブロック406はターゲットピクセルXと隣りのピクセル X_1-X_7 との間の最大差 D_{max} 及びスレッシュホールド値 $th3$ の重み付けを行って K_n パラメータを発生する。この重み付けはグラフィカル表示408に従って行われる。スレッシュホールド値 $th3$ はターゲットピクセルXのブライトネス即ち輝度に依存する。

【0028】図6はメンバーシップ計算ブロック212の1実施例がどのようにしてメンバーシップ関数の形状を決定するためにスレッシュホールドパラメータ $th1$ 及び $th2$ を計算するかを示したグラフ表示である。類似度評価関数600は「ピクセルX及び X_i が類似している」というファジィ文章に関連したメンバーシップ関数である。更に、類似度評価器216は、類似度評価関数600を使用して差 D_i の絶対値の重み付けを行うことによってフィルタ係数 K_i を与える。

【0029】本発明の1実施例は図7に示したノイズフィルタプロセス700に従って動作する。ノイズフィルタプロセス700はタスク702で開始し、その場合に制御はすぐさまタスク704へ移行する。タスク704はスキャンしたイメージのシーケンスを格納する。スキャンされたイメージは現在の行と前の行とを有している。スキャンされたイメージの一部は処理ウインドウ内

に配置され、幾つかのピクセルはスキャンされたイメージの現在の行及び前の行に属する。これらのピクセルはターゲットピクセルと幾つかの隣りのピクセルとを包含している。処理ウインドウ内のピクセルの各々は値を有している。1実施例においては、処理ウインドウ内のピクセルのいずれか又は全てはグレイレベル値を有している。別の実施例においては、ターゲットピクセルの各々はノイズレベル値を有している。更に別の実施例においては、処理ウインドウ内のピクセルの各々はブライトネス又はルミナンス即ち輝度値を有している。本発明によ

【0030】タスク706はターゲットピクセルの値と隣りのピクセルとの値との間の差 D_i を計算する。タスク708は差 D_i の中から選択した計算された最小差 D_{\min} と計算された最大差 D_{\max} とを決定する。タスク710は予め決定した視覚上の応答からの第一メトリック（例えば距離）を発生する。1実施例においては、この第一メトリック（例えば距離）は加重（重み付け）係数 K_n を表わし、それは人間の眼の感度とノイズレベルとの統合量である。

【0031】タスク712は隣りのピクセル $X-1$ と関連するノイズレベル推定値を表わす第二のメトリック（例えば距離）を発生する。隣りのピクセルのうちのいずれか1つを隣りのピクセル $X-1$ として指定することが可能である。隣りのピクセル $X-1$ はターゲットピクセル X のすぐ後に続いている。タスク712は、又、隣りのピクセル $X-2$ と関連するノイズレベル推定値を表わす第三のメトリック（例えば距離）を発生する。隣りのピクセルのうちのいずれか1つを隣りのピクセル $X-2$ として指定することが可能であり、その場合に隣りのピクセル $X-2$ は隣りのピクセル $X-1$ のすぐ後に続いている。

【0032】タスク714はメンバーシップ関数、計算した最小差 D_{\min} 、計算した最大差 D_{\max} 、第一メトリック（例えば距離） K_n に従って、ターゲットピクセルの値をファジ理論によって処理する。タスク716は式（5）に従ってフィルタ係数を発生する。フィルタ係数が発生された後に、タスク716はスキャンしたイメージ内のターゲットピクセル X の値を置換する。タスク720はノイズフィルタ処理700の動作を完了する。

【0033】1実施例におけるフィルタ200はイメージノイズを減少させるために反復的ノイズレベル推定を使用していることに注意すべきである。フィルタ200は式（1）を使用してピクセル毎に反復的にノイズレベルを処理し、即ち、処理ウインドウ102がイメージ内のピクセルからピクセルへ移動するに従い、隣りのピクセルのノイズレベルが相次いで推定される。従って、隣りのピクセル $X-1$ が処理ウインドウ102において変

化すると、ピクセル $X-1$ の推定されたノイズレベル $N_L(t-1)$ がそれに従って変化する。

【0034】フィルタ200はハードウェア、ソフトウェア又はハードウェアとソフトウェアとの組合わせを使用して実現することが可能であり、且つコンピュータシステム又はその他の処理システムで実現することが可能である。本発明がハードウェアとソフトウェアとの組合わせを使用して実現される実施例においては、本発明は応用特定集積回路（ASIC）を使用して実現することが可能である。本発明がハードウェアを使用して実現される実施例においては、ハードウェアコンポーネントは状態マシンとすることが可能である。フィルタ200がソフトウェアを使用して実現される実施例においては、そのソフトウェアはコンピュータプログラム製品（例えば、光学ディスク、磁気ディスク、フロッピーディスク等）又はプログラム格納装置（例えば光学ディスクドライブ、磁気ディスクドライブ、フロッピーディスクドライブ等）に格納することが可能である。フィルタ200はマイクロプロセッサ又はプログラム可能デジタルフィルタで実現することが可能である。

【0035】以上、本発明の具体的実施の態様について詳細に説明したが、本発明は、これら具体例にのみ制限されるべきものではなく、本発明の技術的範囲を逸脱することなしに種々の変形が可能であることは勿論である。従って、上述した説明においては、ノイズを抑圧することに関して幾つかの実施例について説明しているが、本発明は、例えばコントラストの改善、エッジ向上、空間的フィルタ処理、イメージ平滑化、及びイメージ鮮明化等のイメージを向上させる動作に対して適用可能であることは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の1実施例について使用するのに適した現在の行と前の行とを有する処理ウインドウを示した概略図。

【図2】 本発明の1実施例を実施するのに適したフィルタのハイレベルの概略ブロック図。

【図3】 図2におけるノイズフィルタのイメージ格納ユニットを示した概略ブロック図。

【図4】 図2のノイズフィルタにおいて使用される局所的特徴検査器を示した概略ブロック図。

【図5】 図3における局所的特徴検査器の人間視覚系（HVS）評価器において使用されている人間視覚系評価器関数を示したグラフ図。

【図6】 図1のノイズフィルタの類似度評価ブロックによって実現される類似評価関数を表わしたグラフ図。

【図7】 本発明の1実施例によって実行されるプロセスを示したフローチャート。

【符号の説明】

102 処理ウインドウ

104 a 現在のスキャンライン

13

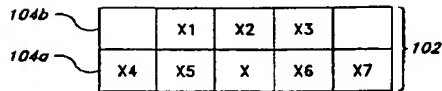
104b 前のスキャンライン
 200 ノイズフィルタ
 202 イメージ格納ユニット
 204 差分器
 206 最小及び最大ブロック
 208 ノイズレベル計算ブロック
 210 局所の特徴検査器

14

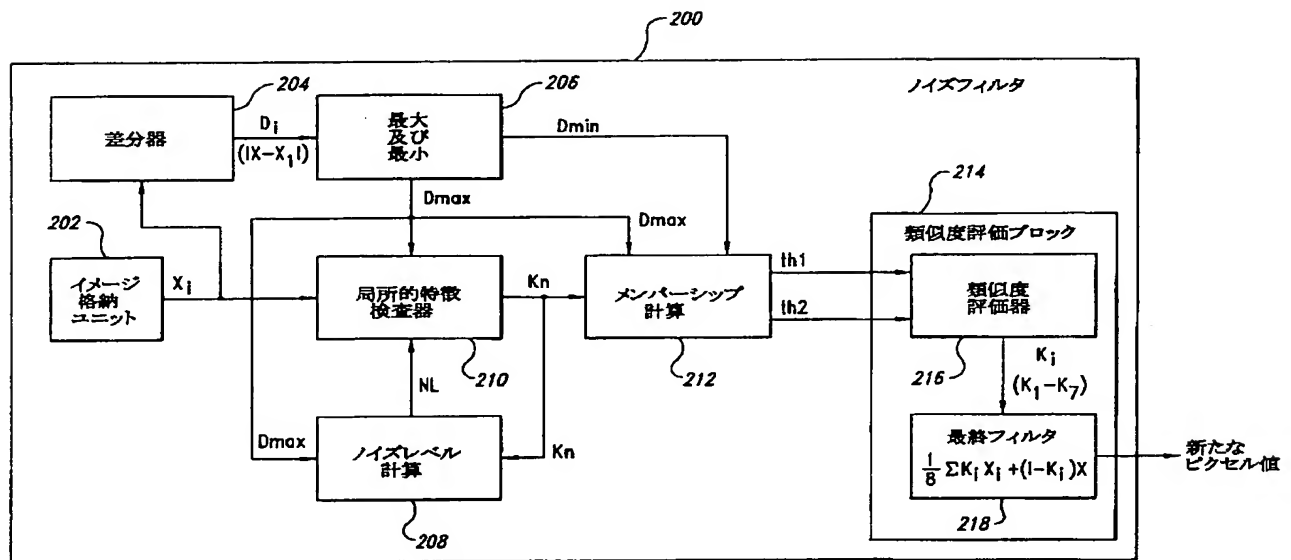
* 214 類似度評価ブロック
 216 類似度評価器
 218 最終フィルタ
 302 ラインメモリユニット
 304 ピクセル遅延器
 402 人間視覚系 (HVS) 評価器

*

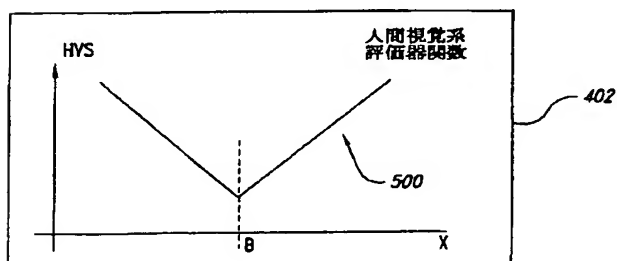
【図 1】



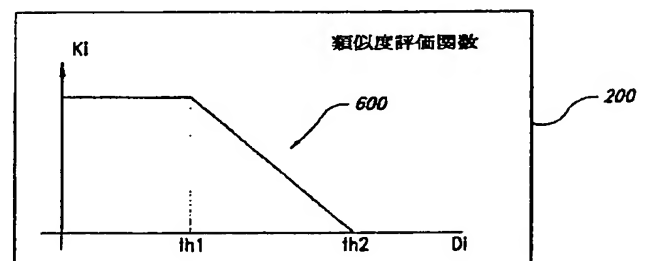
【図 2】



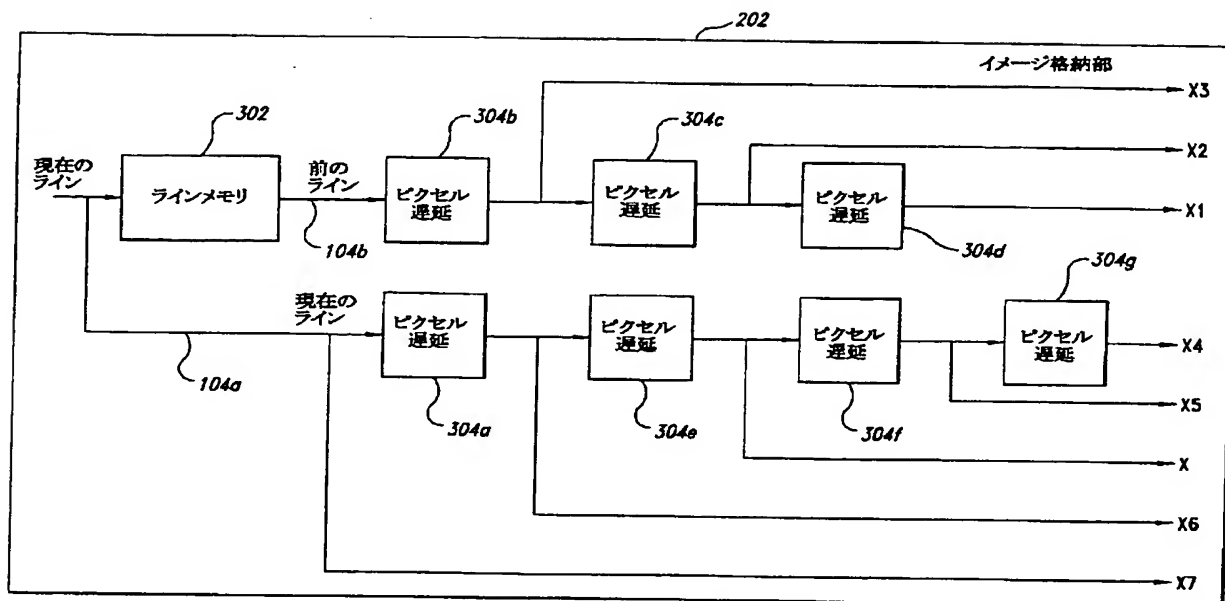
【図 5】



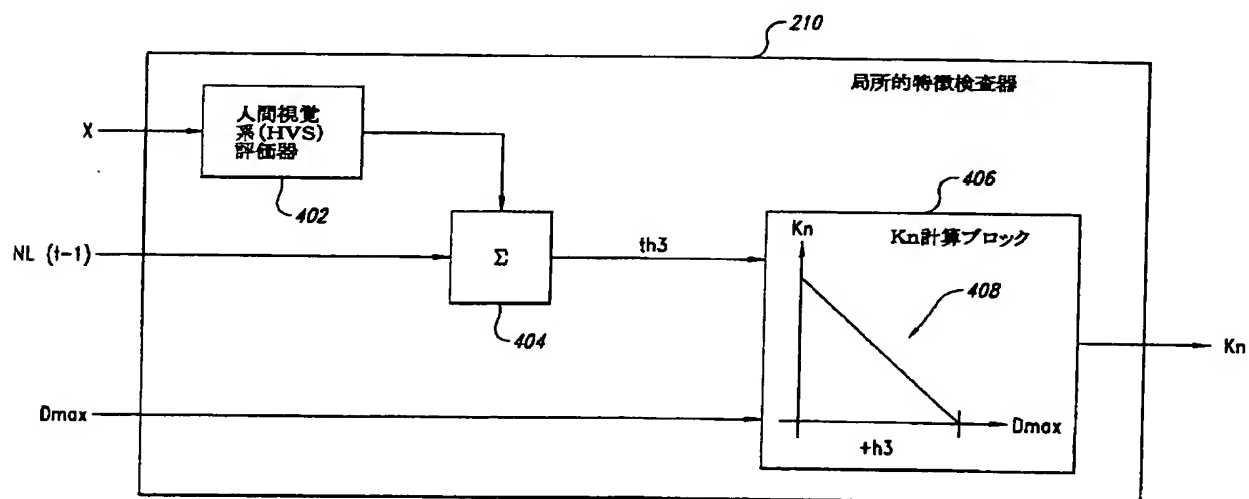
【図 6】



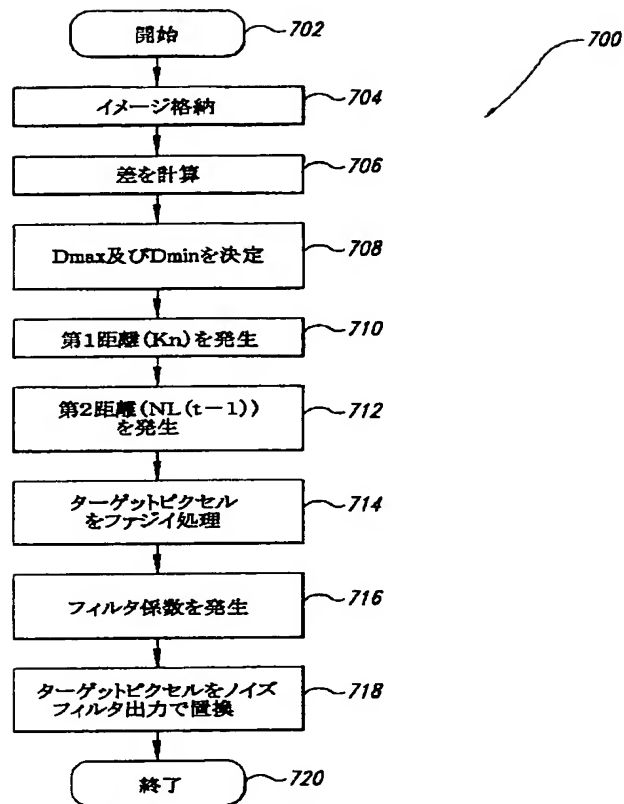
【図 3】



【図 4】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 マッシモ マンカン
 アメリカ合衆国, カリフォルニア
 92122, サン ディエゴ, トスカーナ
 ウエイ 5345, アパートメント 516